

VERGLEICHENDE HISTOLOGISCHE
UNTERSUCHUNGEN AN ELEKTRISCHEN,
THERMISCHEN UND MECHANISCHEN VERLETZUNGEN
DER MENSCHLICHEN HAUT
(UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG
DES SUBEPIDERMALEN GRENZSTREIFENS)

HANS MAIER

1971



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553801_0080

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität München

Vorstand: Professor Dr.med.W. S p a n n

VERGLEICHENDE HISTOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN ELEKTRISCHEN,
THERMISCHEN UND MECHANISCHEN VERLETZUNGEN DER MENSCHLICHEN
HAUT. (UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DES SUBEPIDERMALEN
GRENZSTREIFENS).

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hans Maier

aus

Haag/Obb.

Jahr

1971

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität
München

Berichterstatter: Prof. Dr. W. Spann

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 7.12.1971



INHALTSVERZEICHNIS

Seite

A. LITERARISCHER TEIL

I. Theoretische Vorbemerkungen	1
1. Lage und Aufbau des subepidermalen Grenzstreifens	1
2. Chemismus der PAS-Färbung	2
II. Elektrische Verletzungen	3
1. Makroskopische Befunde	3
2. Mikroskopische Befunde	4
III. Verbrennungen	6
1. Makroskopische Befunde	6
2. Mikroskopische Befunde	7
IV. Hautaustrocknungen	9
V. Unterschiede an elektrisch und thermisch geschädigter Haut mittels	11
1. Polarisationsmikroskop	11
2. Phasenkontrastlichtuntersuchung	13
3. Dunkelfeldbeleuchtung	13

B. EXPERIMENTELLER TEIL

I. Versuchsdurchführung	16
1. Versuchsmaterial	16
2. PAS-Reaktion nach Mc-Manus	16
II. Postmortale Hitzeläsionen der Haut	17
III. Hautaustrocknungen	19
IV. Elektrische Verletzungen	23
1. Darstellung von Strommarken auf der Haut	23
a. mikroskopisches Bild einer Strommarke	23
b. rasterelektronenmikroskopische Darstellung einer Strommarke	24
2. Gleichstromverletzungen	24
a. am positiven Pol	24
b. am negativen Pol	25
3. Wechselstromverletzungen	29

V. Zusammenfassung	32
1. Darstellung des subepidermalen Grenzstreifens	32
2. Ort der PAS-positiven Reaktion	33
3. Gewebe unterhalb des subepidermalen Grenzstreifens	33
4. Form der Basalzellen	34
5. Blasenbildung	35
6. Veränderungen der Zellkerne	35
VI. Literaturverzeichnis	

A.

LITERARISCHER TEIL

Elektrische, thermische und mechanische Verletzungen hinterlassen auf der menschlichen Haut Erscheinungsbilder, die es dem Untersuchenden nicht ermöglichen, ohne weiteres anzugeben, welcher Art die Verletzung ist. Nach der allgemeinen Auffassung in der Rechtsmedizin gibt es keine spezifischen histologischen Befunde, aufgrund deren die Diagnose, z.B. einer Stromverletzung, mit der erforderlichen hohen an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit der strafrechtlichen Beweisforderung, erbracht werden kann. Im allgemeinen wird die Oberflächenstruktur in Verbindung mit der Histologie und Auflichtmikroskopie (BÖHM 5) für wesentlich gehalten.

Die Bedeutung derartiger Untersuchungen liegt nicht nur auf theoretischem Gebiet, sondern sie hat auch praktische Nutzenanwendung in der Rechtsmedizin, z.B. zur Klärung von Tötungsdelikten durch elektrischen Strom oder zur Frage der Vortäuschung von Strommarken durch mechanische Einwirkung auf die Haut.

I. THEORETISCHE VORBEMERKUNGEN:

1.) Lage und Aufbau des subepidermalen Grenzstreifens.

Mit Hilfe der PAS-Färbung (Perjodsäure-Aldehyd-Fuchsin-Reaktion), lässt sich an der Grenze von Epidermis und Cutis der menschlichen Haut, ein meist lebhaft purpurrot gefärbtes Band (der sog. subepidermale Grenzstreifen) nachweisen. Er bildet seiner topographischen Lage nach den Abschluss der Dermis gegenüber der Epidermis.

Der subepidermale Grenzstreifen besteht aus zwei Komponenten, (Elektronenmikroskopie) einmal aus einem fibrillären Anteil, bei dem es sich aufgrund histochemischer Untersuchungen (BRAUN-FALCO 8) um einen Kohlenhydrat-Eiweisskomplex handelt. Je nach dem Anteil

der Kohlenhydratverbindungen in diesem Bereich der Haut, lässt sich ein mehr oder minder starker subepidermaler Grenzstreifen darstellen.

2. Chemismus der PAS-Färbung. (ARNOLD 3)

Kohlenhydrate besitzen zahlreiche Hydroxyl-Gruppen, die mit geeigneten Verfahren oxydiert und damit zu Aldehyden umgewandelt werden. Man kann dies durch Behandeln histologischer Schnitte mit einer wässrigen Lösung von Perjodsäure erreichen.

Perjodsäure oxydiert Glykole, Verbindungen, bei denen die Hydroxyl-Gruppen an benachbarten C-Atomen sitzen, zu Aldehyden.

Die C-C-Kohlenstoffkette wird bei der Oxydation benachbarter Hydroxyl-Gruppen zu Aldehyden aufgebrochen. Im Schnitt verbleiben unlösliche Polyaldehyde, die mit Leukofuchsin reagieren und somit nachgewiesen werden können. Mit dieser Methode lassen sich die zahlreichen Polysaccharide leicht und spezifisch nachweisen. Andere Substanzen, die ebenfalls Hydroxyl-Gruppen besitzen, wie Amino-Alkohole, werden ebenfalls oxydiert, spielen aber mengenmässig keine Rolle.

Von grossem Interesse war für uns die Untersuchung der Fragestellung inwieweit Verletzungen der menschlichen Haut, hervorgerufen durch elektrische, thermische und mechanische Schädigungen einen Einfluss auf die morphologische Struktur des subepidermalen Grenzstreifens an der Epidermis-Cutisgrenze haben.

Neben diesen Veränderungen des subepidermalen Grenzstreifens wird weiterhin auf andere morphologische Veränderungen der menschlichen Haut hingewiesen.

II. ELEKTRISCHE VERLETZUNGEN.

Die Gefährlichkeit des elektrischen Stromes für den Menschen hängt in der Hauptsache von der in Ampère gemessenen Stromstärke ab, und diese wiederum nach dem Ohm'schen Gesetz von Spannung und Widerstand.

Die Haut bietet dem elektrischen Strom im Körper den grössten Widerstand, da besonders die Hornschicht in trockenem Zustand wenig leitfähig ist. (FREIBERGER 10, JELLINEK 14)

Durch den Widerstand wird elektrische Energie in Wärme umgesetzt. Im grossen und ganzen gilt als typisch für die Einwirkung von elektrischem Strom auf der Haut die Entstehung einer Strommarke. (JELLINEK 15)

1. Makroskopische Befunde.

Die Strommarke erkennt man makroskopisch als rundliche, grau-weiße, mitunter auch schwärzliche Eindellung der menschlichen Haut, von Stecknadel- bis Erbsengrösse. In der Mitte ist mit der Lupe unter Umständen eine feine Durchlöcherung wahrzunehmen. Manchmal ist der Rand wallartig erhöht. (SCHRIDDE 40)

Grundformen sind nach JELLINEK 16 Kreisfläche, Nierenform, Posettenzeichnung oder perlenkettenähnliche Veränderungen.

Beweisend für die Elektrizitätseinwirkung sind die histochemisch nachgewiesenen Einsprengungen von Metallteilchen (Wegspuren der Elektrizität) durch innige Berührung des Leiters, bis in beträchtliche Tiefe des Gewebes. Diese Spuren, die zumeist in Form vieler kleiner rundlicher Flecken mit zentraler Durchlöcherung auf der Hautoberfläche vorzufinden sind, gehen auf feinste elektrochemische Reaktionen zurück, die sich wahrscheinlich in der Umgebung von Mikrofunkeln abspielen.

Der Nachweis derartiger Spuren ist deshalb so wichtig, weil so eine elektrische Wirkung bewiesen werden, eine Verbrennung allgemein, nicht elektrischer Natur, ausgeschlossen werden kann. BÖHM wies darauf in seiner Mitteilung zur Rekonstruktion elektrischer Unfälle hin.

(BÖHM 6, BOSCH 4, PIOCH 33, SCHÄFFNER 39, SELLIER 43)

2. Mikroskopische Befunde.

Epidermis:

In die obersten Schichten des Stratum corneums erfolgt Einsprengung von Metallteilchen. (SCHRADER 41)

Die oberflächlichen Schichten des Stratum corneum können verkohlt sein. In ihm bilden sich infolge der Hitzeeinwirkung unter Umständen Hohlräume. (Vakuolenbildung). Die Hornschicht ist mitunter vom Stratum germinativum abgehoben. (MUELLER 28). Zur ungeschädigten Umgebung erscheint die Hornschicht verschmälert, strukturlos und homogenisiert. (KAWAMURA 20)

Veränderungen an Zellen und Zellkernen:

In den oberen Lagen der Epidermis werden Kernschrumpfungen mit umgebenden Aufhellungen sichtbar. (KLEIN 21, KOEPPEN 22, GERSTNER 11). Zur Tiefe hin erfahren Zellen und Zellkerne zunehmend eine Streckung. Das Stratum germinativum weist insbesondere am Rande der Veränderung eine auffällige Ausziehung der Basalzellen auf. Auch die Kerne sind langgezogen. Es entsteht der Eindruck, als seien die Zellen aus ihrer Umgebung in Büscheln herausgerissen. Die Stachelzellen des Stratum germinativum können die Form nadelartiger Gebilde annehmen, und sich nach allen Richtungen lagern. (JENNY 19). Nach JELLINEK 17 handelt es sich um Basalzellen, die durch spezifisch elektrische Wirkung in Feldrichtung sein sollen, eine heute jedoch allgemein abgelehnte Auffassung.

Diese Veränderungen sind nicht nur auf den Bereich der Strommarken beschränkt, sondern greifen auch auf deren Umgebung über.
(WEIMANN 47)

PROKOP gibt als charakteristische histologische Veränderungen in der Epidermis folgendes an:

Homogenisierung und Einsprengung von Leiterpartikeln, Wirbelstruktur, Vakuolenbildung, Ausziehung der Zellen und Zellkerne, Palisadenstellung der Retezellen. Wabenstruktur, Vakuolen- und Lückenbildung entstehen durch Verdampfung von Flüssigkeit.

Corium:

Das unter der Strommarke liegende Bindegewebe der Lederhaut ist vielfach homogenisiert. Die strukturelle Differenziertheit der Bindegewebsfasern und Fibrillen geht verloren. Die Fibrillen schmelzen zu strukturlosen Bändern zusammen, die Fasern erscheinen dadurch undeutlich verwaschen, verbreitert, gequollen und homogenisiert. (KOEPPEN 23, SCHWARZ 42 und SACHS 37)

Durch Schwellung und Zusammenkleben ergibt sich im Mikroskop eine grössere Dichte, wobei die Grösse der Bindegewebsmassen durch Verbreiterung und damit Näherrücken der Bindegewebsbündel vermindert wird.

Das homogenisierte Bindegewebe kann durch Spalten unterbrochen werden. Ebenfalls Auftreten von Hitzewaben.

Auch in der geschmolzenen Bindegewebschicht sind manchmal zickzackförmige Gänge als Wegspuren der Elektrizität zu beachten. Mit der Basis nach aussen stehende Lichtungsbezirke, die durch hellere Tingierung des Gewebes ausgezeichnet sind, sind im Bindegewebe im Bereich der Strommarken zu sehen.

Im Bindegewebe zeigt sich weiterhin eine Veränderung der Anfärbbarkeit, so z.B. Umwandlung der Azidophilie in Basophilie. (MIEREMET 26). Basophile Bezirke innerhalb der Strommarke sind charakteristisch, wenn auch nicht spezifisch. Zellen und Zellkerne in dieser Hautschicht sind ebenfalls verlängert und ausgezogen.

Gebilde in Corium und Subcutis:

Zell- und Kernveränderungen sind im Epithel der Schweiss- und Talgdrüsen, bzw. Haarfollikel und Haarwurzelscheiden nachweisbar. Die Haarwurzelscheiden verlaufen nach MUELLER 29 im Bereich der Stromarker wellenförmig und zackig. Zellausziehungen und Aufblähungen, sowie spaltförmige Durchtrennungen und Aufspaltungen sind erkennbar.

In den Wandungen der Gefässe können perivaskuläre und intramurale Blutungen auftreten. Die Endothelzellen der Gefässe können ausgezogen sein.

III. VERBRENNUNGEN.

Für die Entstehung einer Hitzeschädigung sind nach ALLGÖWER 1 und SIEGRIST 45 zwei Momente ausschlaggebend.

Die Temperatur, auf welche die betroffenen Gewebe gebracht werden.

Die Einwirkungsdauer der Wärmequelle.

Die Natur der Wärmequelle ist von sekundärer Bedeutung, sofern lediglich thermische Energie vermittelt wird.

1. Makroskopische Befunde.

Bei einer Verbrennung der Haut mit einem erhitzten Eisenstab tritt erst bei 50 Grad eine vorübergehende Rötung auf. Bei 55 Grad entsteht Schorfbildung, bei 60 bis 65 Grad lässt sich mit einem Tupfer die Epidermis von der Dermis trennen. (Was der Blasenbildung entspricht).

Bei 70 bis 80 Grad ergibt sich Hitzekoagulation des Gewebes mit dem Bild einer steifen, gelben Platte. Die Einteilung der Verbrennung richtet sich nach der Tiefe der irreversiblen Gewebsschädigung.

Die meist heute gebrauchte Einteilung unterscheidet 3 Grade:
Rötung.

Blasenbildung und partielle Zerstörung der Haut.

Totale Zerstörung aller epithelialen Hautanteile.

Der Unterschied zwischen tief zweitgradiger Verbrennung und drittgradiger Verbrennung ist unmöglich. Man begnügt sich, oberflächliche Verbrennungen von tiefen Verbrennungen abzugrenzen.

Morphologische Veränderungen:

Nach LEACH 24 und Mitarbeiter lassen sich zwei differenzierte Reaktionstypen histologisch unterscheiden. Bei milderer Verbrennung finden sich überwiegend Zeichen der Zellauflösung, bei schweren Verbrennungen kommt es zur Hitzekoagulation von Epidermis und Dermis.

2. Mikroskopische Befunde.

Epidermis und Corium:

Nach PIOCH 34 bestehen die Veränderungen im wesentlichen in einer Schwellung der Zellen und Kerne. Die Kerne zeigen Chromatinumlagerung.

Nach MORITZ 27 sind transepidermale Nekrosen zu beobachten. Im Bereich dieser transepidermalen Nekrosen werden Kern- und Zellschwellungen vermisst, es kommt zu einer Schrumpfung und Homogenisierung der Kerne, die vielfach eine Streckung und Verdünnung aufweisen. (Kernelongation).

Das Cytoplasma verliert seine basophile Granulierung.

ALLGÖWER 2 und SIEGRIST 46 sprechen von Schwellung und Protoplasma-Degeneration der Basalzellen und Kernpyknose. Gleichzeitig bildet sich ein interzelluläres Ödem, das zur Lockerung der Verbindung von Cutis und Epidermis führt und so die Voraussetzung für die

Blasenbildung schafft. Bei stärkerer Verbrennung kommt es zur transepidermalen Koagulation, zum Übergehen in Austrocknung und eventuell zur Verkohlung der ganzen Epidermis. Bei diesen schweren Verbrennungen, die zum Verschluss der Kapillaren mit gelegentlichen Blutaustritten in den oberen Dermislagen geführt haben, ist ein Ödem histologisch schwer zu erkennen.

Cutis:

Das erste sichtbare Zeichen einer tiefen Verbrennung liegt in einer Vasokonstriktion der oberflächlichen Gefäße, die bei starker Hitze in diesem Zustand fixiert werden.

Die tiefer gelegenen Gefäße sind dagegen dilatiert. Die Vasodilatation ist von ausgesprochener Ödembildung begleitet. Das Ödem seinerseits führt zur Blasenbildung. Nach SEVITT 44 entwickelt sich ein Früh-Ödem meist innerhalb von 1 bis 2 Minuten nach der Verbrennung, das Spät-Ödem nach Ablauf von 2 bis 3 Stunden.

Wie schon erwähnt, fällt die Blasenbildung weg, wenn die oberflächlichen Gefäße so stark geschädigt sind, dass ihr Inhalt koaguliert. Je nach Stärke der Temperatureinwirkung kommt es von der Zerstörung der Gefäßwände und des umgebenden Gewebes bis zur Verkohlung.

Ziehen wir zur zusammenfassenden Betrachtung der morphologischen Veränderungen nach lokaler, umschriebener Verbrennung zweiten oder dritten Grades die Angaben der Lehrbücher der Rechtsmedizin heran, so ergibt sich folgendes Bild:

Im zweiten Stadium entstehen serumgefüllte, meist einkammerige Blasen, welche Zellen, darunter gelapptkernige Leukozyten, enthalten. Der Inhalt kann auch aus gallertigen Massen bestehen. Histologisch fanden sich am geröteten Blasengrund noch Teile des abgestorbenen Epithels und Fibrinfäden.

Der Rand der geschädigten Stellen besteht aus gequollenen Zellen, deren Kerne blass, zum Teil nekrotisch sind. In höheren Lagen kommt es zur Elongation und Verquellung der Zellen mit Verlust der Kernfärbbarkeit oder Chromatiumlagerung und Kernpyknose der Basalzellen. Die zunächst einsetzende Konstriktion der oberflächlichen Gefässe wird später durch Vasodilatation abgelöst. Bei tiefen Verbrennungen wird die Cutis zerstört. Die Erythrozyten bilden homogene rundliche Klumpen, die zum Teil hämolytisch zerfallen sind. (HAM 12, SACHS 38, PROKOP 36)

IV. HAUTAUSTROCKNUNGEN.

(NACH TRAUMATISCHER EINWIRKUNG,
VERKEHRSUNFÄLLE)

Nach der Einwirkung von stumpfer Gewalt auf die Haut treten am Rande der Verletzung mehr oder minder regelmässig Vertrocknungsräume auf, die von vorneherein zu einem Vergleich mit den bei Schussöffnungen häufig auftretenden Schürf- und Kontusionsringen anregten. Über das histologische Bild der Hautaustrocknungen befindet sich sehr wenig in der Literatur.

ZIEMKE 48 z.B. beschreibt das Vorhandensein von Dehnungsstreifen, die darauf hinweisen, dass die Verletzung durch stumpfe Gewalt entstanden ist.

Histologisch sind die Vertrocknungsräume zuerst von FRATCKEL 9 studiert worden. Er fand eine Abplattung der Zellkerne der Schichten des Stratum germinativum, einschliesslich der Kerne der zylindrischen basalen Zellen, als deren Ursache er die Eintrocknung ansieht. Histologische Untersuchungen von MUELLER 30 zeigen, dass das Epithel im Stratum corneum in der Nähe von Wunden flacher wird und schliesslich aufhört. Nach dem völligen Aufhören des Stratum corneum nimmt das Stratum germinativum ziemlich plötzlich eine

hellviolette Farbe an (Färbung mit Hämatoxylin-Eosin), die Zellkerne sind nicht mehr zu erkennen, hier und da glaubt man noch Schatten von Kernen sehen zu können, auch die einzelnen Zellen können nicht mehr voneinander abgegrenzt werden. Das so veränderte Stratum germinativum wird allmählich flacher und hört schliesslich auf. Soweit im Stratum germinativum noch Zellkerne zu erkennen sind fällt auf, dass sie flachgestellt sind, einschliesslich der Kerne der Basalschicht.

Der Entstehungsmechanismus dieser Vertrocknungsräume ist wohl ein entsprechender wie der der Schürfsäume bei Einschussverletzungen. Beim Eindringen der Haut von aussen her wird dieselbe gedehnt, das Epithel wird gequetscht und zum Teil in die Tiefe mitgenommen, und zwar, wie die histologischen Bilder zeigen, zum Teil das gesamte Epithel, zum Teil auch nur das Stratum corneum. Das freiliegende Stratum germinativum trocknet später ein, die Zellen verlieren gelegentlich die Zellkerne, die Zellgrenzen werden verwaschen. Ist das Stratum germinativum mitgerissen, so trocknet die Lederhaut ab wie histologisch an der etwas dichteren Lagerung der Zellkerne zu erkennen ist, so dass man geneigt sein könnte, bei oberflächlicher Betrachtung manchmal anzunehmen, es handle sich um eine zelluläre Reaktion auf die Verletzung.

MUELLER 31 weist darauf hin, dass die Vertrocknungsräume vorzugsweise dann auftreten, wenn der Gegenstand recht stumpf und die Gewalt, die eingewirkt hat, nicht allzu heftig ist. Durch die Eintrocknung der oberflächlichen Zellschichten der Hautoberfläche zieht sich die Haut zusammen und übt einen mehr oder minder starken Druck auf die darunter liegenden zylinderförmig gestalteten Epithelzellen aus. Sie werden dadurch entweder plattgedrückt oder aus ihrem Gefüge gelockert und quergestellt.

Das gesamte mechanisch geschädigte Zellbereich ist stärker basophil anfärbbar. Weiterhin ist der Übergang von normaler zu traumatisch

geschädigter Haut nicht abrupt, sondern fließend. Von der Peripherie der Gewalteinwirkung zum Zentrum hin konnte man eine zunehmende Zusammenpressung der Epidermis verfolgen, wobei die Papillarzapfen am Rande abgeflacht, im Zentrum zu einer fast geraden Linie verstrichen waren.

HÖCHEL 13 untersuchte die von Gewalt getroffenen Bindegewebsanteile polarisationsmikroskopisch und stellte fest:

Im druckgeschädigten Bereich konnte eine Veränderung des Verlaufes und der Anordnung der Bindegewebsfasern beobachtet werden. Die Fasern, die im normalen Bild eine netzartige Verflechtung aufweisen, zeigen jetzt eine Aufhebung der Netzstruktur zugunsten einer oberflächenparallelen Gleichrichtung. Die Fasern erscheinen zusammengelagert und erwecken den Eindruck einer stärkeren Bündelung.

Weiterhin waren an den zusammengeschichteten Faserbündeln unregelmässig verteilte, dunkle, quer angeordnete und unterschiedlich breite Streifen vorzufinden, die wahrscheinlich auf eine Wellung, Fältelung oder Zackung der Faserbündel zurückzuführen sind. Der Bereich der Bindegewebsveränderung griff nach den Seiten über die Ausdehnung des alterierten Zellverbandes hinaus und war in gleichmässiger Breite zur Tiefe hin zu verfolgen.

V. UNTERSUCHUNG VON ELEKTRISCH UND THERMISCH GESCHÄDIGTER HAUT MITTELS POLARISATIONSMIKROSKOP, PHASENKONTRASTLICHT-UNTERSUCHUNG UND DUNKELFELDBELEUCHTUNG.

1. Polarisationsmikroskopische Untersuchung an elektrisch und thermisch geschädigter Haut.

Am negativen Pol einer elektrischen Verletzung zeigt sich bei polarisationsmikroskopischer Darstellung der Bindegewebsfasern als auffallender Effekt meist eine ausgeprägte, senkrecht zur Faser-richtung verlaufende Auslöschung, in Form von sehr schmalen und

ausserordentlich zahlreichen, septenartigen feinen Bändern, die die Fasern nicht immer vollständig durchlaufen. (Abb. 1)

Diese Effekte werden bei Hitzeverletzungen (Abb. 2) und am positiven Pol von Gleichstromverletzungen in diesem Umfang nicht beobachtet.

Ausserdem zeigen diese kollagenen Fasern Merkmale der Zusammenklumpung und sind manchmal kaum mehr voneinander zu differenzieren. Insgesamt gesehen ist das Bindegewebe durch das Vorhandensein von undifferenzierbar zusammengebackenen Massen nicht mehr unterscheidbar. Man kann von einem Phänomen der Zusammenballung und Verklumpung sprechen.

Am positiven Pol von Gleichstromverletzungen (Abb. 3) sind die einzelnen Faserelemente noch gut abgrenzbar. Die Fasern erscheinen jedoch komprimiert. JELLINEK 18 spricht von dem Phänomen der Kompression.

Die Faserbündel erscheinen vielfach gestreckt, mehr aufgesplittert und ausgefranst. Das Bild entspricht teilweise mehr dem ursprünglichen Verlauf der Bindegewebsfasern, wobei man den Eindruck hat, dass die Maschenstruktur in den Vordergrund tritt. Die Randbegrenzung der Fasern ist in der Regel deutlich. Die Randzonen sind manchmal gezähnt, jedoch nicht im Verschwimmen. An manchen Stellen werden auch senkrecht zur Hautoberfläche verlaufende, torquiert erscheinende Faserbündel angetroffen. Diese sind oft ausgesprochen grazil, relativ lang und von geringem Durchmesser. Sofern keine Funkenbildung bzw. wesentliche Hitzeeinwirkung am positiven Pol vorgelegen hat, fehlen die starken bandartigen Verbreiterungen der Bindegewebsfasern, die bei thermischer Koagulation gefunden wurden. Der Versuch, die subepidermale Grenzregion polarisationsmikroskopisch besser als mit konventionellen histologischen Methoden zu erfassen ist leider nicht gelungen.

2. Phasenkontrastlichtuntersuchung.

Bei Phasenkontrastlichtuntersuchung konnten dagegen deutliche Unterschiede zwischen positivem und negativem Pol gefunden werden. Die subepidermale Grenzregion war am positiven Pol, wie auch die Epidermis, scharf gegen das Corium abgehoben. Epidermis und subepidermaler Grenzstreifen blieben dunkel, das Corium bzw. der Übergang zwischen subepidermale Grenzstreifen und Corium leuchten deutlich hell auf.

Am negativen Pol verhält sich die Epidermis wie das Corium, d.h. beide Grenzstrukturen erscheinen hell, der subepidermale Grenzstreifen ist deutlich dunkel abgesetzt.

3. Dunkelfeldbeleuchtung.

Bei Dunkelfeldbeleuchtung leuchtet am negativen Pol die Epidermis auf, die hell erscheinenden Stellen zeigen eine wabige Struktur und sind gegen das Corium abgesetzt. Die Grenzregion ist erkennbar, die subepidermale Grenzzone tief dunkel, die Bindegewebsfasern leuchten fein granuliert auf.

Die Bindegewebsstruktur erscheint am negativen Pol bei Dunkelfeldbeleuchtung weitgehend homogen, am positiven Pol tritt die Eigenstruktur des Gewebes deutlich hervor.

Am positiven Pol ist eine bandartige, breite Oberflächenschicht zu erkennen, die hell aufleuchtet, teilweise mit Haaren kanalartig in die Tiefe verläuft, (Corium) und im Gegensatz zum negativen Pol weitgehend gleichförmig ist. Die subepidermale Grenzregion erscheint scharf abgegrenzt, leuchtet manchmal leicht auf und ist gegenüber dem dunklen Bindegewebe differenziert.

Es ist versucht worden, an das Problem mit verschiedenen Methoden heranzugehen, die einzelnen Methoden befriedigen jedoch nicht und so wird im folgenden versucht, mit Hilfe der PAS-Färbung Unterschiede zwischen thermischen, elektrischen und mechanischen Verletzungen der menschlichen Haut festzustellen.

Polarisationsmikroskopische Darstellung von elektrischer und thermisch geschädigter Haut.

(Untersuchungsergebnisse und Bildmaterial wurden mir von Herrn Dr. E. Böhm, München, Institut für Rechtsmedizin, zur Verfügung gestellt.)

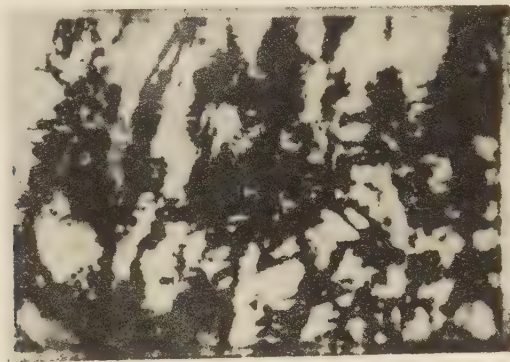


Abb. 1 Stromverletzung, negativer Pol
Phänomen der Zusammenballung
und verstärkten Septierung
der Bindegewebsfasern.

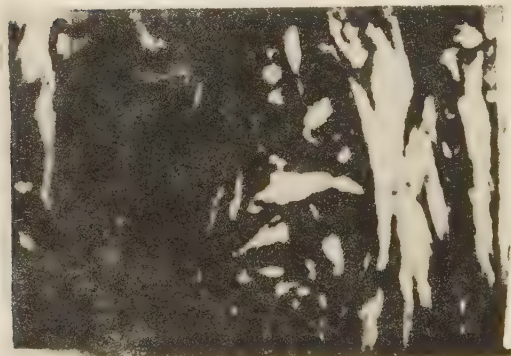


Abb. 2 Hitzeverletzung
starke Verbreiterung der
Bindegewebsfasern.

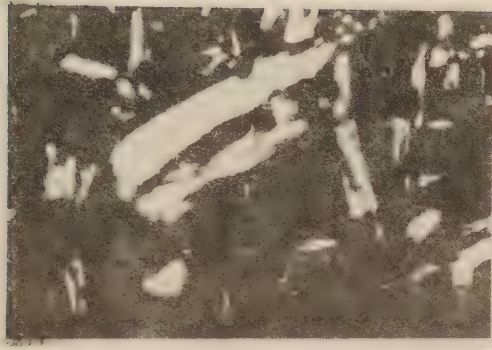


Abb. 3 Stromverletzung, positiver Pol
Phänomen der Kompression
(Bindegewebe)

B.

EXPERIMENTELLER TEIL.

Im folgenden werden postmortale Hitzeläsionen der Haut, Haut-austrocknungen und elektrische Verletzungen (Gleich- und Wechselstrom) untersucht.

I. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG.

1. Versuchsmaterial.

Die untersuchten Hautteile wurden Leichen entnommen, drei bis vier Tage bei plus 4 Grad in Formalin fixiert. Es folgte Einbettung in Paraffin und Herstellung von Paraffinschnitten.

2. PAS-Reaktion nach MC-MANUS 25.

An den hergestellten Paraffinschnitten wurde die PAS-Färbung nach Mc-Manus durchgeführt.

- a. Die aufgeklebten Paraffinschnitte werden wie gewöhnlich über Xylol und Alkoholreihe in destilliertes Wasser gebracht.
- b. Einstellung in eine 0.5 %ige wässrige Lösung von Perjodsäure bei Zimmertemperatur.
- c. Spülen in destilliertem Wasser.
- d. Fuchsin-schweflige Säure 15 Minuten bei Zimmertemperatur.
- e. Auswaschen in 3 Portionen SO_2 -Wasser, 3 mal 2 Minuten.
- f. Auswaschen in Leitungswasser, 5 Minuten.
- g. Plasmafärbung mit Lichtgrün.
- h. Alkoholreihe, Xylol, Balsam.

Ergebnis:

PAS-positive Substanzen rosa bis violett.

Es wird darauf hingewiesen, dass Punkt b. der PAS-Reaktion bei verschiedenen Oxydationszeiten (5 Min., 10 Min., 15 Min., 30 und 60 Min.) durchgeführt wurde, um eine bessere Darstellung des subepidermalen Grenzstreifens zu erreichen.

II. POSTMORTALE HITZELÄSIONEN DER HAUT. (VERBRENNUNGEN)

An Leichenhaut wurden mittels eines glühenden Eisenstabes Verbrennungen gesetzt. Von den entnommenen Hautproben wurden Paraffinschnitte hergestellt und die oben aufgeführte PAS-Färbung durchgeführt.

Mikroskopische Untersuchung der Präparate.

Darstellung des subepidermalen Grenzstreifens in stark wärmebeschädigten Bezirken.

In den stark wärmebeschädigten Bezirken mit oberflächlicher Schorfbildung findet im 30 - und 60 - Minuten - Präparat eine intensive PAS-positive Reaktion statt. Der subepidermale Grenzstreifen zeigt sich als breites, bandförmiges, nach unten nicht abgrenzbares Gebiet (Abb. 4)

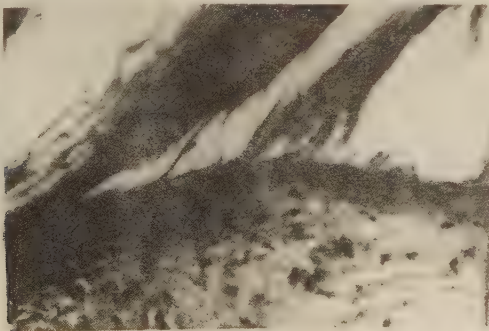


Abb. 4 Starke Hitzeeinwirkung auf die

In Abb. 4 zeigt sich eine gute Darstellung des subepidermalen Grenzstreifens, im linken Teil der Abbildung befindet sich die Zone der stärkeren Gewebiskoagulation mit erhöhter PAS-Reaktivität.

Im 15-Minuten-Präparat hat man den Eindruck, als ob der subepidermale Grenzstreifen stellenweise verschwunden wäre.

Im 10-Minuten-Präparat sind die Erscheinungen ähnlich, jedoch undeutlicher.

Im 5-Minuten-Präparat findet sich der subepidermale Grenzstreifen nur noch gelegentlich.

Festzustellen ist, dass Dicke und Deutlichkeit des subepidermalen Grenzstreifens mit Verringerung der Oxydationszeit (Behandlung mit Perjodsäure) kontinuierlich abnimmt.

An manchen Stellen, wie auch in den übrigen Präparaten erscheint der subepidermale Grenzstreifen wie zerfetzt. In den Übergangszonen am Rand der Hitzeeinwirkung scheint eine Homogenisierung des unterhalb des subepidermalen Grenzstreifens liegenden Gewebes eingetreten zu sein, und zwar, in Form eines gleichförmigen Bandes, das gegen die stiftförmig ausgezogenen Basalzellen durch eine scharf begrenzte, intensiv PAS-reaktive Zone, abgegrenzt ist.

In allen Präparaten, die von Orten starker Hitzeeinwirkung beeinflusst sind, lassen sich sichtbare Hitzewaben im Bindegewebe erkennen. (Abb. 5)

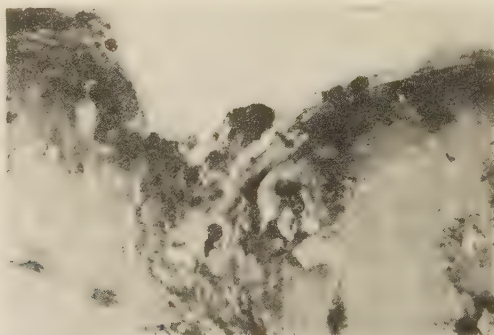


Abb. 5 Blasenbildung bei starker
Verbrennung.
HE-Färbung.

Bei einer Verbrennung kommt es zu einer Hyperämie und zusätzlich zu einer Flüssigkeitsansammlung in und unter den tiefsten Epidermiszellen, so dass die Epidermis sich von der Cutis löst. Beginn der Blasenbildung. In der Folge wird die Epidermis von der Cutis vollkommen abgehoben und steht mit ihr nur noch durch einige interpapilläre Zellstränge in Verbindung. Einhergehend mit der Blasenbildung sind transepidermale Nekrosen zu beobachten. Die Begrenzung dieser Nekrosen ist bei thermischen Verbrennungen ausgesprochen scharf.

Eine deutliche PAS-positive Reaktion ergeben auch die thermisch geschädigten Hornbestandteile, weniger die Keimschicht. Wie schon mit zunehmender Oxydationszeit die Intensität des subepidermalen Grenzstreifens zunimmt, so ergibt sich auch eine deutliche Zunahme der PAS-positiven Reaktionen bei Erhöhung der Oxydationszeit.

Im 5- und 10-Minuten-Präparat erkennt man in den Epidermis-Resten eine deutliche PAS-positive Reaktion, die im 15- und 30-Minuten-Präparat noch wesentlich stärker ist. Im 60-Minuten-Präparat ist keine Verstärkung mehr festzustellen. Man hat den Eindruck, dass in den verschiedenen Präparaten die Unterschiede ohne weiteres nicht zu erklären sind.

III. HAUTAUSTROCKNUNGEN.

Hautaustrocknungen nach traumatischer Einwirkung. Die Hautproben wurden von Menschen entnommen, die bei Verkehrsunfällen (einige Stunden Überlebenszeit) ums Leben kamen. Herstellung der Paraffinschnitte und PAS-Färbung wie bereits aufgeführt.

Bereits im 5- und 10-Minuten-Präparat findet sich ein stark PAS-reaktiver Streifen, der wie ein Band Epidermis und die oberen Schichten des Coriums erfasst. Im Gegensatz zu den bei Verbrennung gemachten Feststellungen zeigt sich bei weiterer Oxydation keine

Zunahme der Intensität des subepidermalen Grenzstreifens.

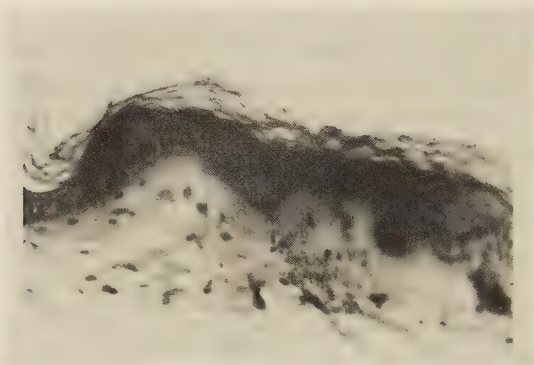


Abb. 6 Hautaustrocknung, Übersichtsaufnahme. Darstellung des subepidermalen Grenzstreifens und der vermehrten intra- und subepidermalen PAS-Reaktivität.

In allen Präparaten werden immer wieder vereinzelt, manchmal auch stückweise gruppierte Zellformationen beobachtet, (Abb. 7) in denen die Kerne sich sichelförmig verändert haben. Die dichte Lagerung der Zellkerne ist eine Austrocknungserscheinung und keine, wie man meinen könnte, zelluläre Reaktion.

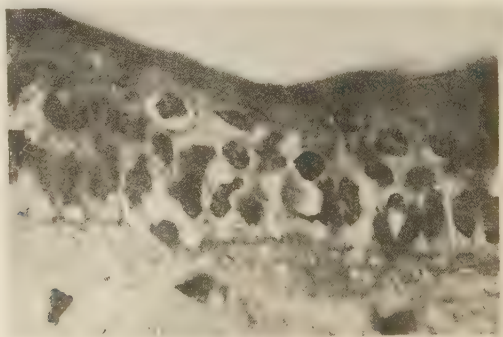


Abb. 7 Hautaustrocknung. PAS-Färbung. Sichelförmig veränderte, vergrößerte Zellkerne.

Auch die in der Literatur von MUELLER 32 beschriebene spindelförmige Ausziehung von Zellkernen konnte ebenfalls beobachtet werden. (Abb. 8)

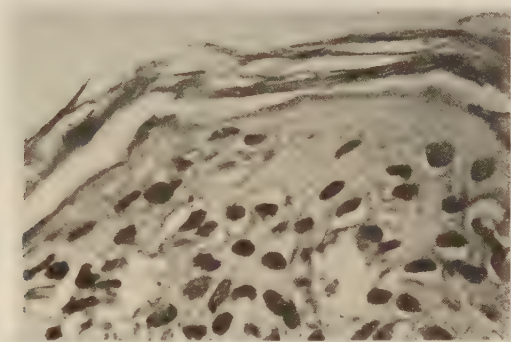


Abb. 8 Haut austrocknung. PAS-Färbung.
Spindelförmige Ausziehung von
Zellkernen, an den Rand gedrückt.

Stellenweise werden auch vakuolige Gebilde bzw. wabige Erscheinungen zwischen subepidermalem Grenzstreifen und Stratum Malpighii beobachtet.

Das Cytoplasma ist vakuolig verändert. Auch der Umfang der Vakuolenbildung schwankt von Präparat zu Präparat deutlich.

Auch im Bindegewebe unterhalb des Grenzstreifens werden stellenweise vakuolige Zellen bemerkt, gelegentlich auch grössere Waben. Diese Grenzschicht erscheint aufgelockert und teilweise von Lückenbildungen durchsetzt.

Die Bindegewebsfasern erscheinen fast in paralleler Anordnung, ausserdem scheinen sie verbreitert und verquollen zu sein. Auch an den Stellen, an denen die Epidermis von ihrer Unterlage abgehoben ist, zeigt diese eine intensive positive Reaktion und an manchen Stellen ist die Kernfärbbarkeit weitgehend verschwunden.

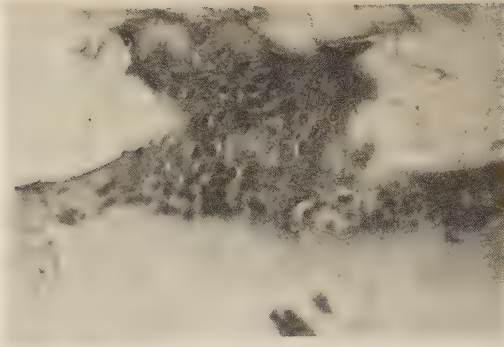


Abb. 9 Hautaustrocknung. PAS-Färbung.
Aufgelockertes Gewebe.

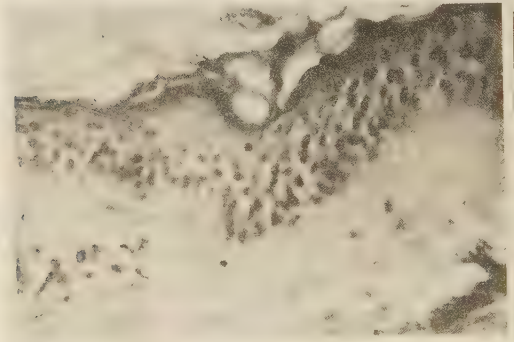


Abb.10 Hautaustrocknung. PAS-Färbung.
Kernfärbbarkeit teilweise
verschwunden.

IV. ELEKTRISCHE VERLETZUNGEN.

1. Darstellung von Strommarken auf der Haut.

Wie schon im vorausgegangenen gezeigt wurde, gilt die Strommarke als typisch für die Einwirkung von elektrischem Strom auf die Haut.

Die Strommarke erscheint als rundliche, grauweiße, mitunter auch schwärzliche Eindellung der menschlichen Haut von Stecknadelkopf- bis Erbsengröße.

Mikroskopische Befunde im Bereich der Strommarke wurden bereits behandelt.

a. Mikroskopisches Bild einer Strommarke.

Es soll hier das mikroskopische Bild einer Strommarke dargestellt werden, an Hand von 2 normalen histologischen Präparaten und dazu im Gegensatz die Darstellung der Strommarke mittels eines Rasterelektronenmikroskopes.

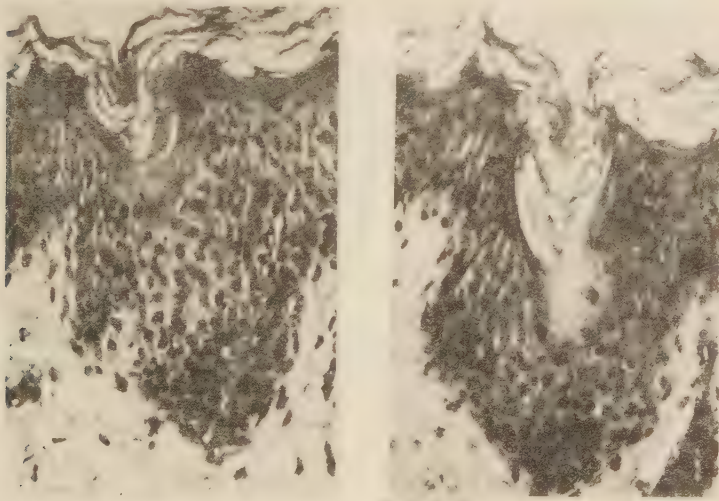


Abb. 11 und Abb. 12

Darstellung von Strommarken auf der menschlichen Haut. PAS-Färbung.

b. Rasterelektronenmikroskopische Darstellung einer Strommarke.

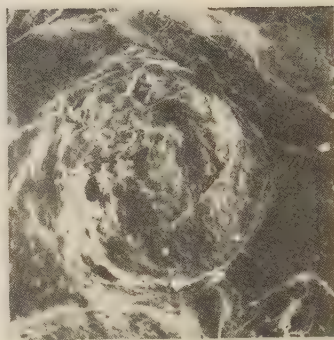
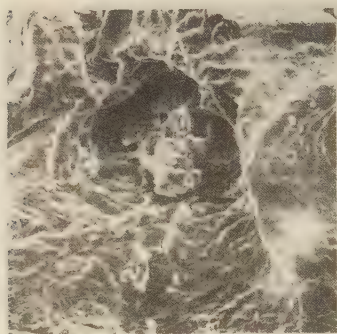


Abb. 13 und Abb. 14

Rasterelektronenmikroskopische Darstellung
einer Strommarke.

Bildmaterial wurde mir von Herrn Dr. BÖHM 7 zur Verfügung gestellt

Rasterelektronenmikroskop:

Dreidimensionale typische Oberflächenstruktur kann untersucht werden, weit besser als mit Auflichtmikroskopie. Die Morphologie der Hautoberfläche ist besonders aussagekräftig bei elektrischen Verletzungen, im histologischen Schnittbild erscheinen typische Zellveränderungen, die aber nicht spezifisch für elektrische Einwirkungen sind.

2. Gleichstromverletzungen.

- a. Postmortal erregte Strommarken auf der Haut (Gleichstrom 110 V)
Beobachtungen am positiven Pol.

Der subepidermale Grenzstreifen ist klar abgegrenzt und kommt ununterbrochen zum Ausdruck im Bereich der Strommarke. Bei der ungeschädigten Haut ist der Grenzstreifen nicht vorhanden. (5-Minuten-Präparat)

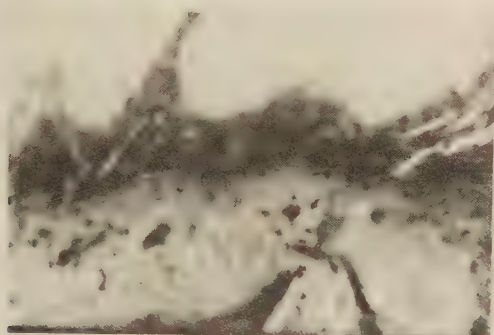


Abb. 15 Gleichstromverletzung, pos. Pol.
Darstellung des subep. Grenzstreifens.
PAS-Färbung.

Im 10-Minuten-Präparat ergibt sich ebenfalls eine gute Darstellung eines schmalen und scharf abgegrenzten subepidermalen Grenzstreifens.

Zu beobachten sind weiterhin:

Eine extrem starke Ausziehung der Zellkerne ohne Wirbelbildung, die Zellkerne erscheinen fadenförmig. (Abb. 16). Weiterhin ist eine starke Aufquellung der Bindegewebsfasern mit kräftiger PAS-positiver Reaktion im Bereich von Zellformationen zu sehen.

Blasenbildung (Abb. 16) ist im Randgebiet und im Stratum basale zu beobachten.

Abb. 16 Gleichstromverletzung.
Positiver Pol.
Extrem starke Ausziehung
der Zellkerne und Blasen-
bildung.
PAS-Färbung.



Im 60-Minuten-Präparat ist der subepidermale Grenzstreifen selbst in fleckförmige und kürzere Bruchstücke zerlegt. An manchen Stellen ist er fragmentiert und erscheint wie aufgesplittert. Er ist sehr kontrastreich, fein und manchmal septenartig zum Bindegewebe hin verlaufend.

In der Epidermis ist leicht diffuse, rötliche, manchmal auch angedeutet fleckförmige Färbung. Zu beobachten sind weiterhin zwischen Epidermis und verwaschenem Grenzstreifen gelegene intensiv rot gefärbte, fleckförmige Ariolen, die knopfförmig in die Epidermis hineinragen.

Stellenweise sind bandförmig breite Zonen von intensiver roter Anfärbung in der Epidermis zu sehen. An anderen Stellen diffuse, jedoch etwas fleckförmig erscheinende Verbreiterung des subepidermalen Grenzstreifens von erheblicher Mächtigkeit. An anderen Stellen auch ausgeprägte fleckförmige Veränderungen unterhalb des Grenzstreifens. Die elastischen Fasern bei Gleichstromverletzungen (positiver Pol) sind kompakt, gewellt und kontrahiert.

b. Postmortal erregte Strommarken auf der Haut (Gleichstrom 110 V).
Beobachtungen am negativen Pol.

Im 5-Minuten-Präparat erscheint der subepidermale Grenzstreifen unterbrochen, teilweise ist er noch gut sichtbar, ab und zu

scharf abgegrenzt, plötzlich verschwindet er gänzlich.

In ungeschädigten Hautbezirken ist der subepidermale Grenzstreifen nicht sichtbar. Man hat den Eindruck, dass im Gewebe die PAS-positiven Reaktionen stärker zum Vorschein kommen, als bei Gleichstromverletzungen am positiven Pol. (Abb. 17)

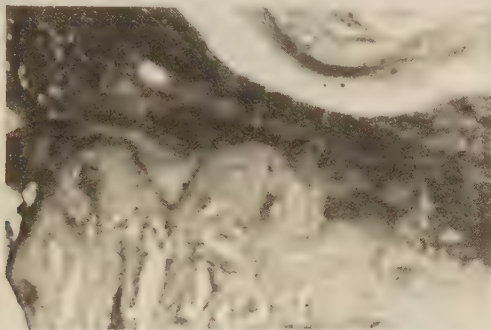


Abb. 17 Gleichstromverletzung, neg. Pol.
Darstellung des unterbrochenen
subepidermalen Grenzstreifens.
PAS-Färbung.

Im 10-Minuten-Präparat sind bläschenförmige Zellveränderungen zu erkennen. Vielfach spindelige Form der Zellkerne bis zur extremen Ausziehung. Die Zellkerne sind zum Teil völlig in ein Trümmerfeld einbezogen, in dem eine Differenzierung nicht mehr möglich ist. Man sieht wabige, dunkelblau gefärbte Stellen, die manchmal wie fädige Massen erscheinen. An Stellen, in denen noch ein Zellverband erkennbar ist, findet man siegelringförmige Zellen, wobei das Kernmaterial an den Rand gedrängt erscheint.

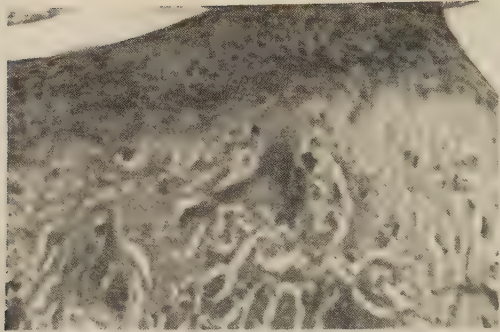


Abb. 18 Gleichstromverletzung, neg. Pol.
Anhäufung von PAS-positiven
Substanzen. PAS-Färbung.

In 60-Minuten-Präparat ist in der Epidermis eine fleckförmige, stellenweise auch diffuse Anhäufung von PAS-positiven Substanzen besonders deutlich zu sehen. Der Grenzstreifen ist vielfach aufgelockert und manchmal undeutlich.

Das PAS-reaktive Material im Bereich der Epidermis erscheint in Form kleinster Tröpfchen, die kleiner als Zellkerne sind. Der basale Grenzstreifen ist wellenförmig aufgesplittert. Das Bindegewebe unterhalb des Grenzstreifens ist intensiv rot gefärbt. Hier fehlt der Grenzstreifen völlig.

Die elastischen Fasern sind erschlafft, zart und aufgelockert, verbreitert und im Verschwinden.

Allgemein gesprochen, kann man sagen, dass es am Plus-Pol zu einer Verdichtung kommt, wogegen sich am Minus-Pol das Phänomen der Auflockerung zeigt.

In seinem Artikel über die Rekonstruktion elektrischer Unfälle weist Böhm auf die Unterscheidung experimentell erzeugter Strommarken hin.

Deutliche Verschiedenheit der beiden Strommarken ergibt die Metallisationsstärke, die ganze Kontaktfläche erfassende Metallisation unter dem Plus-Pol und die minimale Metallisation unter dem Minus-Pol.

3. Wechselstromverletzungen.

Postmortal erzeugte Strommarken der Haut (Wechselstrom 220 V).

An Leichenhaut wurden elektrische Verletzungen (Wechselstrom 220 V) gesetzt. Von den entnommenen Hautproben wurden Paraffinschnitte hergestellt und die oben aufgeführte PAS-Färbung durchgeführt. Die Erscheinungen (Darstellung des subepidermalen Grenzstreifens) nehmen mit Verlängerung der Oxydationszeit zu. In elektrisch geschädigten Hautbereichen wurde ein frühes Auftreten des subepidermalen Grenzstreifens festgestellt, (Abb. 19, 20, 21) im Gegensatz zu normaler Haut.

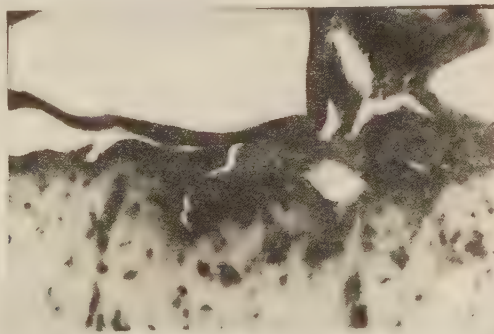


Abb. 19 Wechselstromverletzung.
Subepidermaler Grenzstreifen.
PAS-Färbung.

In thermisch geschädigten Hautbereichen (Abb. 22, im Bereich der Koagulationsnekrose, erkennbar an der Verbreiterung der kollagenen

Fasern) zeigt sich eine besonders scharfe Abgrenzung des subepidermalen Grenzstreifens. Starke Farbintensität und stellenweise starke Ausziehung. Manchmal verschwindet der subepidermale Grenzstreifen völlig und es kommt zu den Befunden, die bereits bei Hitzeverletzungen festgestellt wurden.

In Randgebieten Verbreiterung des subepidermalen Grenzstreifens bei geringerer Farbintensität.

Im 10-Minuten-Präparat sind deutliche Defekte, bzw. Höhlenbildung und intensive Aussprengung von Teilen des subepidermalen Grenzstreifens zu erkennen.

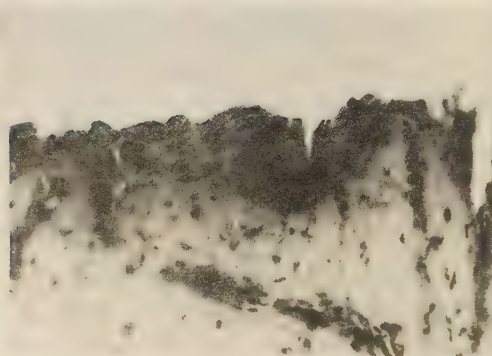
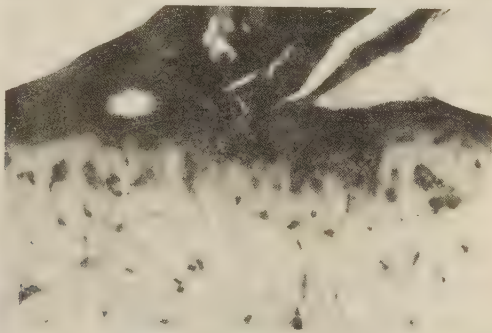


Abb. 20 u. Abb. 21
Wechselstromverletzungen
Defekte im subep. Grenzstreifen.
Aussprengungen und Einstülpungen.
PAS-Färbung.

Die Befunde werden in den Präparaten mit längerer Oxydationszeit noch besser beobachtet. Es kommt zu Einstülpungen des subepidermalen Grenzstreifens und man kann diese Veränderungen als sogenanntes "Spitzbart-Phänomen" bezeichnen.

Bei Wechselstromverletzungen kommt es wie bereits erwähnt zu Befunden, die auch bei Hitzeverletzungen festgestellt wurden.

(Abb. 22)

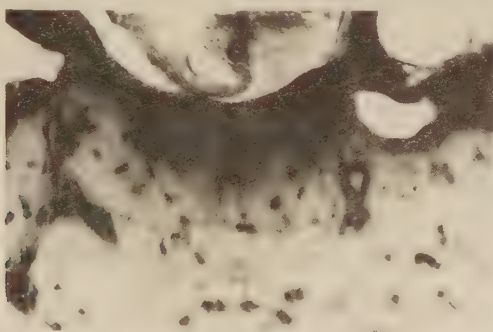


Abb. 22 Wechselstromverletzung.
Thermisch geschädigtes Gebiet.
PAS-Färbung.

Sehr deutlich sind in allen Präparaten perinukleäre Vakuolen zu beobachten. (Abb. 23)

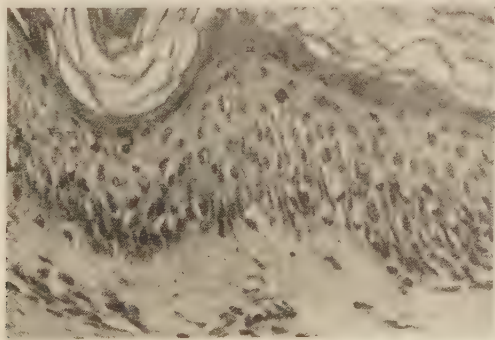


Abb. 23 Wechselstromverletzung.
Perinukleäre Vakuolen. HE-Färbung.

Besonders deutliche PAS-positive Reaktionen im Bindegewebe, in Hautgefäßen und Hautanhangsgebilden. Gute Darstellung der Basalmembran.

Wie schon erwähnt, ist bei rein thermischen Verletzungen die Begrenzung der Nekrose durchwegs scharf. Bei Verletzung durch Wechselstrom bilden sich jedoch astartige Verzweigungen nach Seite und Tiefe hin. Es treten fachwerkartige Lückenbildungen zwischen Oberfläche und kugelige Nekrose auf.

V. ZUSAMMENFASSUNG.

Untersucht wurde die Darstellung des subepidermalen Grenzstreifens an thermischen, elektrischen Verletzungen (Gleich- und Wechselstrom) und an Hautaustrocknungen mit Hilfe der PAS-Färbung.

1. Darstellung des subepidermalen Grenzstreifens.

- a. Bei Hautaustrocknungen zeigt sich bereits im 5-Minuten-Präparat ein deutlich breiter Streifen. Es kommt zu keiner wesentlichen Verstärkung der Reaktion bei längerer Oxydationszeit.
- b. Bei Verbrennungen tritt diese Erscheinung erst in den Präparaten mit längerer Oxydationszeit auf, wiederum als breiter Streifen. Mit stärkerer Oxydation also eine deutliche Zunahme der Befunde.
- c. Bei Gleichstromverletzungen (Plus-Pol) zeigt sich der Grenzstreifen bereits im 5-Minuten-Präparat klar abgegrenzt und ununterbrochen. Bei längerer Oxydation wird er in Bruchstücke zerlegt.
- d. Bei Gleichstromverletzungen (Minus-Pol) ist der subepidermale Grenzstreifen unterbrochen und selbst bei einer Oxydationszeit von 60 Minuten nur undeutlich und im Verschwimmen zu beobachten. Keine bessere Darstellung bei stärkerer Oxydation.

e. Bei Wechselstromverletzungen tritt die typische Erscheinung des Spitzbart-Phänomens zu Tage. Der subepidermale Grenzstreifen ist eingestülpt und es erfolgt Höhlenbildung und intensive Aussprossung. Bei längerer Oxydation deutlich bessere Darstellung.

2. PAS-positive Reaktionen finden statt:

a. Bei Hautaustrocknungen:

in Epidermis

im Corium

in den Austrocknungsbezirken

an Stellen, an denen die Epidermis von der Unterlage abgehoben ist.

b. Bei Verbrennungen:

in Epidermisresten

in thermisch geschädigten Hornbezirken (stark)

in der Keimschicht (schwach)

c. Bei Gleichstromverletzungen: (Plus-Pol)

im Bereich von Zellformationen (stark)

in der Epidermis (leicht diffuse, rötliche manchmal auch fleckförmige Färbung)

zwischen Epidermis und verwaschenem Grenzstreifen (fleckförmige Ariolen, die knopfförmig in die Epidermis hineinragen)

unterhalb des subepidermalen Grenzstreifens (fleckförmige Veränderungen)

d. Bei Gleichstromverletzungen: (Minus-Pol)

in der Epidermis (fleckförmige, stellenweise auch diffuse Anhäufung PAS-positiver Substanzen, in Form kleinster Tröpfchen)
Bindegewebe unterhalb des subepidermalen Grenzstreifens intensiv rot.

die PAS-positiven Reaktionen kommen am negativen Pol stärker zum Vorschein als am positiven Pol.

e. Bei Wechselstromverletzungen:

im Bindegewebe

in Hautgefäßen

in Hautanhanggebilden

gute Darstellung der Basalmembran.

3. Gewebe unterhalb des subepidermalen Grenzstreifens:

a. Bei Hautaustrocknungen:

Bindegewebsfasern in fast paralleler Anordnung, verbreitert und verquollen.

b. Bei Verbrennungen:

Homogenisierung des Gewebes und zwar in Form eines gleichförmigen Bandes.

c. Bei Gleichstromverletzungen: (Plus-Pol)

starke Aufquellung der Bindegewebsfasern, die elastischen Fasern sind kompakt, gewellt und kontrahiert.

d. Bei Gleichstromverletzungen: (Minus-Pol)

Homogenisierung des Bindegewebes, die elastischen Fasern sind erschlafft, zart, aufgelockert und im Verschwimmen.

e. Bei Wechselstromverletzungen:

fachwerkartige Lückenbildungen, kugelige Nekrosen.

4. Form der Basalzellen:

a. Bei Hautaustrocknungen:

spindelförmig ausgezogen.

b. Bei Verbrennungen:

stiftförmig ausgezogen.

c. Bei Gleichstromverletzungen: (Plus-Pol)

fadenförmige Ausziehung.

d. Bei Gleichstromverletzungen: (Minus-Pol)
siegelringförmige Zellen.

e. Bei Wechselstromverletzungen:
langgezogen.

5. Blasenbildung:

a. Bei Hautaustrocknungen:
stellenweise vakuolige Gebilde, bzw. wabige Erscheinungen
zwischen subepidermalem Grenzstreifen und Stratum Malphigii.
Das Cytoplasma ist vakuolig verändert. Umfang von Vakuolen-
zu Vakuolenbildung schwankt.

b. Bei Verbrennungen:
deutliche Hitzewaben im Bindegewebe. Flüssigkeitsansammlung in
und unter den tiefsten Epidermiszellen. Ablösung von Epidermis
und Cutis.

c. Bei Gleichstromverletzungen: (Plus-Pol)
Blasenbildung im Randgebiet der Stromverletzung und Stratum
basale.

d. Bei Gleichstromverletzungen: (Minus-Pol)
bläschenförmige Veränderungen im Bindegewebe.

e. Bei Wechselstromverletzungen:
perinukleäre Vakuolen.

6. Veränderungen der Zellkerne:

a. Bei Hautaustrocknungen:
Zellgruppierungen, sichelförmige Veränderung, Vergrößerung der
Zellkerne. Färbbarkeit weitgehend verschwunden.

b. Bei Verbrennungen:
Schwellung der Zellkerne und Chromatiumlagerung.

- c. Bei Gleichstromverletzungen: (Plus-Pol)
extrem starke Ausziehung der Zellkerne ohne Wirbelbildung, die Zellkerne erscheinen fadenförmig.
- d. Bei Gleichstromverletzungen: (Minus-Pol)
vielfach spindelige Form der Zellkerne bis zur extremen Ausziehung. Die Zellkerne sind zum Teil in ein "Histolyse"-Feld einbezogen, in dem eine Differenzierung nicht mehr möglich ist.
- e. Bei Wechselstromverletzungen:
Zusammenballung von Zellkernen. Deutliche Vergrößerung und Verlängerung der Kerne. Verklumpung.

Es wurden postmortale Hitzeverletzungen, Stromverletzungen und Haut austrocknungen der menschlichen Haut untersucht. Mit Hilfe der PAS-Reaktion wurde auf die Region des subepidermalen Grenzstreifens näher eingegangen. Es ist versucht worden, Unterschiede im Verlauf des o. Grenzstreifens bei den verschiedenen Verletzungen zu zeigen. Weiterhin wurde auf andere histologische Merkmale näher eingegangen. Mit Hilfe der gewonnenen Befunde und der angegebenen Unterscheidungsmerkmale allein ist es nicht möglich, Hitzeverletzungen, Stromverletzungen und Hautaustrocknungen voneinander abzugrenzen. Vielmehr ist versucht worden, zu den bereits bekannten Unterscheidungsmerkmalen obige Verletzungen, wie sie z.B. in der Histologie, Auflichtmikroskopie oder Rasterelektronenmikroskopie bekannt sind, weitere Unterscheidungsmerkmale hinzuzufügen. Über die Ursachen und über den Ablauf der histochemischen Reaktionen, die zu einem Anstieg der PAS-Reaktivität bei elektrischen Verletzungen, Verbrennungen und Hautaustrocknungen führen, ist aus der Literatur nichts zu entnehmen. Diese Frage könnte zu neuen Untersuchungen anregen.

Nur aus der Gesamtheit aller Befunde ist es möglich, die einzelnen Verletzungsarten mit dem forensisch erforderlichen an Sichere grenzenden Wahrscheinlichkeitsgrad zu differenzieren.

Herrn Dr. E. B ö h m danke ich für die
jederzeit freundlich gewährte Hilfe und
Unterstützung bei der Durchführung der
Arbeit.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ALLGÖWER, M.: Verbrennungen:
Pathophysiologie-Pathologie-Klinik-
Therapie.
1 - 2, 1957
2. derselbe Verbrennungen:
Pathophysiologie-Pathologie-Klinik-
Therapie.
6 - 7, 1957
3. ARNO, M.: Lehrbuch der Histochemie.
Springer-Verlag Berlin 1968
4. SCH, K.: Makroskopisch und lupenmikroskopische
Untersuchungen zur Oberflächenbeschaf-
heit an Strommarken.
Dtsch.Z.ges.ger.Med. 56, 318, 1965
5. BÖHM, E.: Über den Selbstmord einer Frau durch
elektrischen Strom.
Dtsch.Z.ges.ger.Med. 65, 87, 1969
6. derselbe Zur Rekonstruktion elektrischer Unfälle.
Sonderdruck aus Leitz-Mitteilungen
für Wissenschaft und Technik.
Heft 1, Band V, 1969
7. derselbe Application of The SEM in FORENSIC
MEDICINE.
E. Böhm. Institut für Rechtsmedizin
University of Munich, Frauenlobstr. 7a
8. BRAUN-FALCO, O.: Archiv für klinische und experimen-
telle Dermatologie.
Bd. 201, 521, 1955
9. FRAENCKEL, D.: Vjschr.gerichtl.Medizin 43, 339, 1912
10. FREIBERGER, H.: Der elektrische Widerstand des mensch-
lichen Körpers gegen techn. Gleich-
und Wechselstrom.
Springer-Verlag Berlin 1934
11. GERSTNER, H.: Wärmemarken und histologischer Metall-
nachweis.
Virchows Archiv 295, 691-702, 1935
12. HAM, T.: Thermal injury 373-403, 1948

13. HÖCHEL, K.: Inaugural-Dissertation.
Zur Frage der Vortäuschung von
Strommarken durch mechanische
Einwirkung auf die Haut.
25 - 26, 1965
14. JELLINEK, St.: Atlas der Spurenkunde der Elek-
trizität. 13, 1955
15. derselbe Die äussere Form der elektrischen
Strommarke.
Dtsch.Z.ges.ger.Med. 1, 596-600, 1923
16. derselbe Anschauliche Feststellungen zum
Problem der elektrischen Strom-
marken.
Beitr.gerichtl.Medizin 20, 56, 1955
17. derselbe Elektrische Verletzungen.
Klinik und Histopathologie.
Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1932
18. derselbe Atlas der Spurenkunde der Elektrizität.
56, 1955
19. JENNY, F.: Der elektrische Unfall.
Huber, Bern 1945
20. KAWAMURA, I.: Elektropathologische Histologie.
Virchows Archiv path. Anat. 231
570, 1965
21. KLEIN, H.: Die gerichtsmedizinische Diagnose
des Stromtodes.
Dtsch.Z.ges.ger.Med. 47, 29-54, 1958
22. KOEPPEN, S.: Wärmemarken und histologischer Metall-
nachweis.
Virchows Archiv 295, 691-702, 1935
23. derselbe Elektrizitätsschäden im Tierexperiment
unter besonderer Berücksichtigung des
des elektrischen Todes.
Virchows Archiv 290, 460-491, 1933
24. LEACH, E.: Experimental thermal burns, especially
moderate temperature burns.
Quart.I.exper.physiology 32, 67, 1943
25. MC-MANUS, J.F.A.: Romeis, mikroskop. Technik.
276, § 1121

III.

26. MIEREMET, C.W.G.: Hautveränderungen durch Einwirkung des elektrischen Stromes, ihre Differentialdiagnose und ihr histologisches Bild.
Klin. Wschr. 29, 1362-1364, 1923
27. MORITZ, A.: Studies of thermal injury. Pathology and Pathogenesis of cutaneous burns. Experimental study. Amer.I.Path. 23, 915-941, 1947
28. MUELLER, B.: Zur Morphologie des Wundrandes bei Verletzungen durch stumpfe Gewalt. Dtsch.Z.ges.ger.Med. 22, 229-308, 1933
29. derselbe Mueller B., Gerichtl. Medizin. Springer-Verlag Berlin, 499, 1953
30. derselbe Zur Morphologie des Wundrandes bei Verletzungen durch stumpfe Gewalt. Dtsch.Z.ges.ger.Med. 22, 301, 1933
31. derselbe dto. Dtsch.Z.ges.ger.Med. 22, 306, 1933
32. derselbe Zur Histologie des Epithels im Bereich von Hautvertrocknungen. Dtsch.Z.ges.ger.Med. 23, 334-337, 1934
33. PIOCH, W.: Histologisch-histochemische Untersuchungen zur Identifizierung von Strommarken. Dtsch.Z.ges.ger.Med. 57, 165, 1966
34. derselbe Die histochemische Untersuchung thermischer Hautwunden und ihre Bedeutung für die forensische Praxis. Schmidt-Römhild, Lübeck 1966
35. PROKOP, O.: Lehrbuch der gerichtlichen Medizin, Berlin 1960
36. derselbe Forensische Medizin, Verlag Volk und Gesundheit Berlin 1966
37. SACHS, H.W.: Tod durch elektrische Energie. Lehrbuch der gerichtl. Medizin von Albert Ponsold, 2. Auflage Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart 1957
38. derselbe dto.
39. SCHÄFFNER, M.: Untersuchungen über Histologie und Metallisation nach elektrischer Einwirkung auf die Haut. Dtsch.Z.ges.ger.Med. 56, 269, 1965

40. SCHRIDDE, H.: Die elektrische Strommarke der Haut.
Zbl.allg.Path.u.path.Anatomie 32,
369, 1922
41. SCHRADER, G.: Experimentelle Untersuchungen zur
Histopathologie elektrischer Haut-
schädigungen.
Jena 1920
42. SCHWARZ, F.: Die durch den elektrischen Strom
bedingten Veränderungen am mensch-
lichen Körper.
Sonderdruck aus Handbuch der allg.
Pathologie.
43. SELLIER, K.: Stromtod in A. Ponsold.
Lehrbuch der gerichtl. Medizin.
Georg-Thieme-Verlag Stuttgart, 1957
44. SEVITT, S.: Local vascular changes in burned skin.
Proc.Roy.Soc.Med. 47, 225-228, 1954
45. SIEGRIST, J.: Verbrennungen:
Pathophysiologie-Pathologie-Klinik-
Therapie. 1 - 2, 1957
46. derselbe dto.
47. WEIMANN, W.: Zur Histopathologie der Haut-
veränderungen durch den elektr. Strom.
Dtsch.Z.ges.ger.Med. 24, 324, 1935
48. ZIEMKE, E.: Zur Morphologie des Wundrandes bei
Verletzungen durch stumpfe Gewalt.
Dtsch.Z.ges.ger.Med. 22, 306, 1933

LEBENS LAUF

Am 30.5.1941 wurde ich als Sohn des Diplom-Braumeisters Hans Maier und seiner Ehefrau Johanna, geb. Kaiser, in Offenburg/Baden geboren. Nach dem Besuch der Volksschule in Freising und in Haag/Obb. trat ich 1952 in die Luitpold-Oberrealschule in Wasserburg/Inn ein. Nach dem Abitur leistete ich von 1962 bis 1964 eine zweijährige Dienstzeit bei der Bundeswehr ab. Im Wintersemester 1964/1965 begann ich mit dem Studium der Zahnheilkunde an der Universität München. Das Physikum legte ich am 28.4.1967 ab. Das Staatsexamen bestand ich im Dezember 1969. Meine Assistentenzeit begann ich im Januar 1970 und bin derzeit in München tätig.

